



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>H02M 3/337</b>		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/08743</b>  (43) Date de publication internationale: 17 février 2000 (17.02.00)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01926</p> <p>(22) Date de dépôt international: 4 août 1999 (04.08.99)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 98/10049 5 août 1998 (05.08.98) FR</p> <p>(71) Déposant (<i>pour tous les Etats désignés sauf US</i>): AGENCE SPATIALE EUROPEENNE [FR/FR]; 8-10, rue Mario-Nikis, F-75738 Paris Cedex 15 (FR).</p> <p>(72) Inventeur; et</p> <p>(75) Inventeur/Déposant (<i>US seulement</i>): PEROL, Philippe, Alfred [FR/NL]; Van Moersselestraat 11, NL-2596 PD Den Haag (NL).</p> <p>(74) Mandataires: CABINET ORES etc.; 6, Avenue de Messine, F-75008 Paris (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: CA, JP, US.</p> <p><b>Publiée</b>  <i>Avec rapport de recherche internationale.      Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.</i> </p>	

(54) Title: DC-DC VOLTAGE CONVERTER CAPABLE OF PROTECTING AGAINST SHORT CIRCUITS

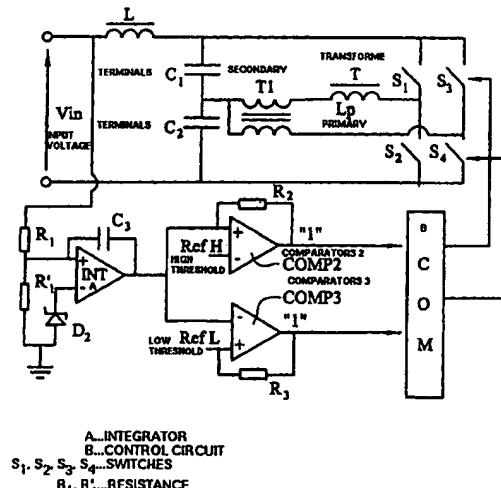
(54) Titre: CONVERTISSEUR DE TENSION CONTINU-CONTINU, SUSCEPTIBLE D'UNE PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS

## (57) Abstract

The invention concerns a DC /DC voltage converter comprising a first and a second input terminal for receiving an input voltage, an induction coil (L) having a first terminal coupled with the first input terminal and a second terminal coupled with the second input terminal, a first and a second switch controlled in opposition and an output transformer (T) having a primary (Lp) and a secondary supplying a load. The invention is characterised in that the capacitive branch has two capacitive elements (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) arranged in series and whereof the common terminal is coupled with a first terminal of the primary (Lp) of said output transformer (T), and the first (S<sub>1</sub>) and second (S<sub>2</sub>) switches are arranged in series and have a common terminal coupled with the second terminal of the primary (Lp) of said output transformer (T), the other terminal of the first (S<sub>1</sub>) and second (S<sub>2</sub>) switches being coupled with the first and the second terminals of the capacitive branch (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>).

## (57) Abrégé

L'invention concerne un convertisseur de tension pour courant continu comportant une première et un deuxième borne d'entrée, destinées à recevoir une tension d'entrée, un élément selfique (L) ayant une première borne couplée à la première borne d'entrée et une deuxième borne couplée à une première borne d'une branche capacitive qui présente une deuxième borne couplée à la deuxième borne d'entrée, un premier et un deuxième commutateur commandés en opposition et un transformateur de sortie (T) présentant un primaire (Lp) ainsi qu'un secondaire alimentant une charge. Il est caractérisé en ce que la branche capacitive présente deux éléments capacitifs (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) disposés en série et dont la borne commune est couplée à une première borne du primaire (Lp) dudit transformateur de sortie (T), en ce que le premier (S<sub>1</sub>) et le deuxième (S<sub>2</sub>) commutateur sont disposés en série et présentent une borne commune couplée à une deuxième borne du primaire (Lp) dudit transformateur de sortie (T), l'autre borne du premier (S<sub>1</sub>) et du deuxième (S<sub>2</sub>) commutateur étant couplées respectivement à la première et à la deuxième borne de la branche capacitive (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>).



**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lithuanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

1

## CONVERTISSEUR DE TENSION CONTINU-CONTINU, SUSCEPTIBLE D'UNE PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS

La présente invention a pour objet un convertisseur de tension continu-continu du type résonant, utilisable notamment pour l'alimentation de tubes à 5 ondes progressives (TWT), et plus particulièrement un convertisseur qui commute à tension nulle et à courant nul.

Le Brevet US 4,959,765 de la Demanderesse décrit une topologie correspondant à un convertisseur résonant qui commute à tension nulle et à courant nul.

10 Ce Brevet décrit en particulier un dispositif de type «push-pull», dans lequel le circuit résonant est constitué par un condensateur d'alimentation en courant et par l'inductance de fuite du transformateur.

15 Ce convertisseur n'est pas protégé contre le court-circuit accidentel d'un des commutateurs dans la version «push-pull», ou du commutateur unique dans l'autre version décrite.

Pour obtenir un commutateur à tension nulle, le commutateur d'une branche du push-pull ne doit être fermé qu'après que le commutateur de l'autre branche ait été ouvert et que la tension aux bornes de ce commutateur ait atteint sa valeur haute, grâce à l'énergie de magnétisation du transformateur, et sous l'action du 20 transformateur, ait atteint sa valeur basse sur le commutateur qui doit être fermé.

Le Brevet US 5,140,512 (O'SULLIVAN) permet d'obtenir de manière automatique une telle commutation à tension nulle, par détection de l'excursion de tension du transformateur. Une logique de détection est associée à chaque commutateur du push-pull et la commande alternée du push-pull est autorisée. 25 seulement lorsque le transformateur a commuté dans un intervalle de temps où les deux commutateurs du push-pull sont ouverts.

Enfin, le Brevet US 5,249,113 de la Demanderesse décrit un convertisseur comportant un transformateur qui permet d'obtenir une transition rapide et un bon fonctionnement de la topologie lorsque les commutateurs sont des 30 transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFET), lesquels sont susceptibles de

présenter une capacité drain-source élevée qui tend à ralentir notablement la commutation automatique du transformateur ou bien sont responsables d'un facteur de forme défavorable du courant et d'un mauvais rendement. Le réglage du courant de magnétisation du transformateur, qui ne modifie pas les caractéristiques de résonance 5 du transformateur, permet d'augmenter la vitesse de commutation du transformateur, ce qui améliore le facteur de forme et le rendement.

Par mise en œuvre combinée des trois Brevets précités, il a été possible de réaliser des convertisseurs présentant une efficacité de 97% et plus pour des bus régulés de 50V. Ces convertisseurs nécessitent toutefois une protection 10 d'entrée en cas de défaut de court-circuit, ce qui induit une complexité accrue.

La présente invention a pour objet une topologie de convertisseur qui soit en pratique utilisable pour les bus jusqu'à une tension de l'ordre de 100V, et qui soit susceptible d'être protégée contre les courts-circuits sans complication notable, ce qui permet également de limiter le courant à travers la charge.

15 L'invention concerne ainsi un convertisseur de tension pour courant continu comportant une première et une deuxième borne d'entrée, destinées à recevoir une tension d'entrée, un élément selfique ayant une première borne couplée à la première borne d'entrée et une deuxième borne couplée à une première borne d'une branche capacitive qui présente une deuxième borne d'entrée, un premier et un 20 deuxième commutateur en opposition et un transformateur de sortie présentant un primaire ainsi qu'un secondaire alimentant une charge, caractérisé en ce que la branche capacitive présente deux éléments capacitifs disposés en série et dont la borne commune est couplée à une première borne du primaire dudit transformateur de sortie, en ce que le premier et le deuxième commutateur sont disposés en série et présentent 25 une borne commune couplée à une deuxième borne du primaire dudit transformateur de sortie, l'autre borne du premier et du deuxième commutateurs étant couplées respectivement à la première et à la deuxième borne de la branche capacitive.

Afin d'obtenir une protection mutuelle des commutateurs contre les courts-circuits, le convertisseur comporte une commande de commutation à tension

nulle à partir de la tension de la borne commune au premier et au deuxième commutateurs.

Afin d'obtenir une auto-protection contre le court-circuit accidentel d'un commutateur, le convertisseur peut être caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de mesure du courant à travers ledit élément selfique et un comparateur, entre ledit courant mesuré et un courant de référence maximal, dont la sortie est couplée à un dispositif de commande qui commande une ouverture du premier et du deuxième commutateurs lorsque le courant mesuré dépasse ledit courant de référence maximal.

10 Ledit comparateur est de préférence un comparateur à hystérésis.

Selon une variante permettant une commande additionnelle d'ajustement de tension, le convertisseur est caractérisé en ce qu'il comporte un troisième et un quatrième commutateurs disposés en série et présentant une borne commune couplée à une première borne du primaire d'un transformateur auxiliaire, l'autre borne du troisième et du quatrième commutateur étant couplée respectivement à la première et à la deuxième borne de la branche capacitive, et en ce que le transformateur auxiliaire présente un secondaire disposé en série avec le primaire du transformateur de sortie, entre la borne commune aux deux éléments capacitifs et la borne commune au premier et au deuxième commutateur. Le convertisseur peut alors être caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'ajustement de tension pour commander le troisième et le quatrième commutateur en fonction de la tension, soit selon un premier mode additif selon lequel le troisième et le quatrième commutateur sont commandés en synchronisme avec respectivement le premier et le deuxième commutateur, soit selon un deuxième mode soustractif selon lequel le troisième et le quatrième commutateur sont commandés en opposition de phase avec respectivement le premier et le deuxième commutateur.

Selon un mode de réalisation préféré de cette variante, le convertisseur est caractérisé en ce que le dispositif d'ajustement de tension comporte un premier et un deuxième comparateur à seuil ainsi qu'une unité de commande des troisième et quatrième commutateurs pour commander les troisième et quatrième

commutateurs au moins selon le premier et le deuxième mode, le premier et le deuxième comparateur à seuil recevant à une première entrée un signal représentatif de ladite tension d'entrée et à une deuxième entrée un signal représentatif respectivement d'un seuil haut et d'un seuil bas et présentant une sortie de commande appliquée à une 5 entrée de l'unité de commande pour commander l'unité de commande selon respectivement ledit premier mode, et ledit deuxième mode.

Au moins un dit comparateur à seuil est avantageusement un comparateur à hystérésis.

Selon une autre variante, la phase des troisième et quatrième 10 commutateurs est décalée par rapport à celle respectivement des premières et deuxièmes commutateurs, en fonction de ladite tension d'entrée.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, en liaison avec les dessins ci-annexés, dans lesquels :

- la figure 1 illustre la technique mise en œuvre dans le Brevet US 15 4,959,765 précité
  - la figure 2 représente un circuit qui présente une protection anti-court-circuit convenant au circuit de la figure 1
  - la figure 3 représente à titre illustratif un convertisseur présentant un montage en pont des commutateurs
- 20 - la figure 4 représente un mode de réalisation d'un convertisseur selon l'invention
  - la figure 5 représente le circuit de la figure 4 associé à un dispositif de protection anti-court-circuit selon l'invention
  - et la figure 6 représente le circuit de la figure 4 associé à un dispositif d'ajustement de tension selon l'invention.

Selon la figure 1, le convertisseur correspondant au concept décrit dans le Brevet US 4,959,765 précité présente une self d'entrée L, dont une borne est connectée à une première borne d'entrée E<sub>1</sub> du convertisseur et dont l'autre borne est connectée à une borne d'un condensateur C dont l'autre borne est connectée à la 30 deuxième borne d'entrée E<sub>2</sub> du convertisseur. Le convertisseur présente également un

transformateur T à deux enroulements  $Lm_1$  et  $Lm_2$  dont le point commun A est connecté au point commun à la self L et au condensateur C. Deux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  sont connectés entre respectivement la borne opposée des enroulements  $Lm_1$  et  $Lm_2$ , et la deuxième borne d'entrée  $E_2$  du convertisseur. Une tension d'entrée  $Vin$  est appliquée aux bornes d'entrée E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub> du convertisseur. Le transformateur T présente un secondaire L<sub>s</sub> qui alimente une charge représentée par une résistance R<sub>o</sub>. A titre d'exemple, le secondaire L<sub>s</sub> présente une diode D<sub>1</sub> en direct entre une borne du secondaire L<sub>s</sub> et une borne d'un condensateur C<sub>o</sub> en série avec un condensateur C'o. Le point commun B à ces deux condensateurs est connecté à l'autre borne du secondaire L<sub>s</sub> et la deuxième borne du condensateur C'o opposée audit point commun B est connectée à l'anode d'un diode D<sub>2</sub> en inverse entre la première borne du secondaire L<sub>s</sub> et la deuxième borne du condensateur C'o.

Le circuit résonant est composé du condensateur d'alimentation C et de l'inductance de fuite L<sub>k</sub> du transformateur T. En cas de défaillance par mise en court-circuit de l'un ou l'autre des commutateurs S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>, ce circuit ne présente aucune protection.

La Figure 2 représente un mode de réalisation permettant d'assurer une telle protection. Elle implique d'ajouter un commutateur série S, ainsi qu'une diode D en inverse entre le point commun au commutateur S et à la self L, et la deuxième borne d'entrée E<sub>2</sub> du convertisseur. Cette diode D permet de refermer la boucle de courant dans l'inductance L. La mise en œuvre de cette protection implique également l'ajout d'un filtre d'entrée (L<sub>in</sub>, C<sub>in</sub>).

L'évolution technologique vers des tensions de ligne bus d'alimentation de l'ordre de 100 V, comme dans le cas des bus d'alimentation pour télécommunications dites de haute puissance, a pour effet que la topologie précitée de type « push-pull » n'est plus optimale, car elle nécessite des transistors de tension nominale plus élevée et conduit à des pertes plus élevées.

La Figure 3 montre à titre illustratif un montage qu'il serait possible d'envisager pour solutionner le problème de la tenue en tension des commutateurs. Il s'agit d'un montage en pont complet disposé en aval d'une self d'entrée L et

présentant quatre commutateurs disposés par paires de commutateurs en série, à savoir  $S_1, S_2$  d'une part et  $S'_1, S'_2$  d'autre part.

Le primaire  $L_p$  du transformateur  $T_1$  a ses bornes couplées aux bornes communes à respectivement  $S_1$  et  $S_2$  d'une part et  $S'_1$  et  $S'_2$  d'autre part. Ce 5 montage permet de résoudre le problème précité de la tenue en tension des transistors. Il serait par contre difficile de mettre en œuvre avec cette topologie la solution préconisée par le Brevet US 5,140,512, étant donné que cette solution impliquerait, en vue d'une détection correcte de l'état de commutation du transformateur, de détecter simultanément qu'une borne de primaire est à son niveau haut et que l'autre borne est 10 à son niveau bas.

La Figure 4 représente un circuit qui, selon l'invention, met en œuvre un montage en demi-pont qui permet d'obtenir un fonctionnement similaire à celui de la Figure 3 à l'aide de seulement deux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ , deux condensateurs en série  $C_1$  et  $C_2$  étant disposés en lieu et place des commutateurs  $S'_1$  et 15  $S'_2$  de la Figure 3.

Ce circuit conserve non seulement les avantages de la topologie décrite dans le Brevet US 4,959,765 précité, mais il présente également d'autres avantages. En effet, pour la mise en œuvre de la technique de commutation à tension nulle décrite dans le Brevet US 5,140,512, il suffit de détecter la tension du primaire 20  $L_p$  au point commun aux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ , la tension de l'autre borne du primaire  $L_p$  étant maintenue grâce au pont de condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ .

En outre, les deux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  étant disposés en série, ceci induit une protection automatique au cas où un commutateur se trouve accidentellement en court-circuit. En effet, dans le cas où un commutateur reste en 25 court-circuit, le transformateur ne commute pas, la détection de tension nulle aux bornes de l'autre commutateur n'est pas validée et les deux commutateurs restent commandés à l'état ouvert.

Le circuit de la Figure 5 représente le circuit de la Figure 4 auquel est rajouté un circuit de protection qui permet de pallier au cas d'un court-circuit 30 intervenant lorsque l'un des deux commutateurs se trouve accidentellement à l'état

fermé alors que l'autre commutateur se trouve normalement commandé à l'état fermé. Dans un tel cas, les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  se déchargent à travers les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ , ce qui engendre un pic de courant, dont la valeur est limitée en raison de la faible énergie stockée dans les condensateurs. Ce courant, qui provoque une augmentation de courant à travers le self  $L$ , est détecté par une boucle de courant  $CL$ . Le courant mesuré  $I_{mes}$  est comparé à une valeur  $I_{max\ ref}$ , dans un comparateur  $COMP\ 1$ , de préférence à hystérésis, dont la sortie commande à l'ouverture les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ . Dans le cas où le comparateur  $COMP\ 1$  est un simple amplificateur opérationnel, son action doit être inhibée lors d'une mise sous tension pour permettre un démarrage du circuit.

Si les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  se trouvent en court-circuit lors du démarrage, alors la protection n'est pas acquise. C'est pour cette raison qu'il est préférable de mettre en œuvre un comparateur à hystérésis, en particulier de type à cycle d'hystérésis limite présentant un seuil d'hystérésis haut et un seuil d'hystérésis bas, qui permet d'obtenir une limitation du courant.

En raison du filtre constitué par la self  $L$  et les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ , la forme de la courbe du courant  $I$  représentée en haut de la Figure 5 montre un certain dépassement au-dessus du seuil haut et en dessous du seuil bas du cycle théorique représentés par les deux lignes horizontales en pointillés. L'amplitude de ces dépassements dépend de l'amortissement apporté par une résistance  $R$  en parallèle avec la self  $L$ .

En mode de limitation de courant, la puissance appliquée au convertisseur est le produit de la tension d'entrée par la moyenne du courant limité. Cette puissance peut être élevée et la durée de cycle d'hystérésis devrait être limitée, de manière à laisser passer les transitoires de démarrage et de surcharge, mais l'ensemble du convertisseur doit être désactivé après un temps limité, de manière à éviter une dissipation excessive d'énergie.

En mode de limitation de courant et dans le cas de commutateurs à transistors à effet de champ à grille isolée MOSFET qui sont à l'état fermé, leur diode en parallèle est susceptible de rediriger tout courant de magnétisation circulant dans le

transformateur, dans l'un ou l'autre sens à travers les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ , ce qui permet d'éviter d'endommager les commutateurs.

La Figure 6 représente une variante du circuit selon l'invention qui l'associe à un dispositif d'ajustement de la tension qui commute à tension nulle et à courant nul. Cette possibilité de réglage ne modifie pas le rendement de la topologie, ni sa protection contre les courts-circuits.

Selon la Figure 6, deux commutateurs additionnels  $S_3$  et  $S_4$  sont disposés en série. Ils présentent une borne commune connectée à une borne du primaire d'un transformateur  $T_1$ , de petite taille par rapport au transformateur  $T$ . L'autre 10 borne des commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  est connectée à la borne non commune respectivement des commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ . Le secondaire du transformateur  $T_1$ , qui présente une borne commune avec le primaire, est en série avec le primaire  $L_p$  du transformateur  $T$ , entre les bornes communes d'une part à  $C_1$  et  $C_2$  et d'autre part à  $S_1$  et  $S_2$ . Les commutateurs  $S_3$  et  $S_4$ , qui peuvent bénéficier du même dispositif de 15 protection mutuelle contre les courts-circuits que les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  (voir Figures 4 et 5) sont commandés soit en synchronisme avec respectivement les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ , soit en opposition de phase avec ceux-ci.

Le transformateur  $T_1$  présente un rapport de transformation relativement élevé, par exemple compris entre 10:1 et 20:1, en fonction de l'amplitude 20 désirée de l'ajustement de tension. Le primaire de  $T_1$  est donc commandé par les commutateurs  $S_3$  et  $S_4$ , et la tension générée sur le secondaire s'ajoute ou se retranche à celle du primaire  $L_p$  du transformateur principal  $T$ , selon que  $S_3$  ou  $S_4$  est synchrone avec  $S_1$ .

Selon le mode de réalisation représenté à la Figure 6, les 25 commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  sont commandés par un circuit de commandes COM qui présente trois modes logiques de fonctionnement :

- un mode additif lorsque la valeur de la tension d'entrée  $V_{in}$  dépasse un seuil haut ;
- un mode soustractif lorsque la valeur de la tension d'entrée  $V_{in}$  est en dessous d'un seuil bas ; et

- un mode inactif ( $S_3$  et  $S_4$  ouvert) lorsque la valeur de la tension  $V_{in}$  se situe entre ces deux seuils. Le mode inactif est également utilisé pour la protection contre les courts-circuits, de la même façon que dans le cas de la Figure 4, en détectant cette fois-ci la tension au point commun aux commutateurs  $S_3$  et  $S_4$ . Une auto-protection peut être également obtenue de la même façon que pour les commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  (Figure 5).

5

La tension d'entrée  $V_{in}$  est appliquée à un pont de résistances  $R_1$ ,  $R'$ , dont le point milieu attaque l'entrée inverseuse d'un intégrateur INT contre-réactionné par un condensateur  $C_3$ . L'entrée non-inverseuse de l'intégrateur INT a sa tension fixée par une diode Zener  $Dz$ .

10 La sortie de l'intégrateur INT est appliquée à l'entrée non-inverseuse d'un comparateur COMP2 contre-réactionné par une résistance  $R_2$  et à l'entrée inverseuse d'un comparateur COMP3 contre-réactionné par une résistance  $R_3$ . L'entrée inverseuse du comparateur COMP2 reçoit une tension Réf.  $H$  représentative du seuil haut désiré pour la tension  $V_{in}$ , et l'entrée non-inverseuse du comparateur COMP3 reçoit une tension Réf.  $L$  représentative du seuil bas désiré pour la tension  $V_{in}$ .

15 Lorsque  $V_{in}$  est supérieur au seuil haut, le comparateur COMP2 produit en sortie un 1 logique qui valide le fonctionnement du circuit de commande pour qu'il commande les commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  en mode additif de sorte que la tension dans le secondaire de  $T_1$  s'ajoute à la tension dans le primaire de  $T$ . Lorsque  $V_{in}$  est inférieur au seuil bas, le comparateur COMP2 produit en sortie un 1 logique qui valide le circuit de commande COM pour qu'il commande les commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  en mode soustractif. Dans ce cas, la tension aux bornes du secondaire de  $T_1$  se soustrait à la tension aux bornes du primaire de  $T$ .

20 Les comparateurs COMP2 et COMP3 sont de préférence des comparateurs à hystérésis.

25 Le circuit de réglage de tension permet d'obtenir une certaine bande passante de commande de tension tout en gardant la maîtrise de l'excursion de tension.

10

Selon une variante préférée, les commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  sont commandés en opposition de phase l'un par rapport à l'autre, mais avec un décalage de phase par rapport aux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$  (et non en opposition de phase par rapport aux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ ). À cet effet, les comparateurs COMP<sub>2</sub> et COMP<sub>3</sub> sont remplacés par des circuits déphasateurs qui commandent la phase des commutateurs  $S_3$  et  $S_4$  par rapport aux commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ , en fonction de la valeur de la tension Vin et en particulier en fonction de l'écart entre Vin et les tensions de référence Ref U et Ref L, pour obtenir des modes additifs et soustractifs en décalage de phase plutôt qu'en opposition de phase. Ceci permet de diminuer de manière appréciable l'oscillation résiduelle ("ripple") de la tension du signal, tout en autorisant une efficacité élevée.

Un convertisseur selon l'invention permet d'obtenir par exemple une efficacité de l'ordre de 90% à 92% pour un convertisseur 100 W/100 V avec une tension d'entrée de l'ordre de 30 V.

**REVENDICATIONS**

1. Convertisseur de tension pour courant continu comportant une première et un deuxième borne d'entrée, destinées à recevoir une tension d'entrée, un élément selfique ayant une première borne couplée à la première borne d'entrée et une 5 deuxième borne couplée à une première borne d'une branche capacitive qui présente une deuxième borne couplée à la deuxième borne d'entrée, un premier et un deuxième commutateur commandés en opposition et un transformateur de sortie présentant un primaire ainsi qu'un secondaire alimentant une charge, caractérisé en ce que la branche capacitive présente deux éléments capacitifs ( $C_1, C_2$ ) disposés en série et dont 10 la borne commune est couplée à une première borne du primaire ( $L_p$ ) dudit transformateur de sortie ( $T$ ), en ce que le premier ( $S_1$ ) et le deuxième ( $S_2$ ) commutateur sont disposés en série et présentent une borne commune couplée à une deuxième borne du primaire ( $L_p$ ) dudit transformateur de sortie ( $T$ ), l'autre borne du premier ( $S_1$ ) et du deuxième ( $S_2$ ) commutateur étant couplées respectivement à la 15 première et à la deuxième borne de la branche capacitive ( $C_1, C_2$ ).

2. Convertisseur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une commande de commutation à tension nulle à partir de la tension de la borne commune au premier ( $S_1$ ) et au deuxième ( $S_2$ ) commutateurs.

3. Convertisseur selon une des revendications 1 ou 2, caractérisé en 20 ce qu'il comporte un dispositif (CL) de mesure du courant à travers ledit élément selfique (L) et un comparateur (COMP1), effectuant une comparaison entre ledit courant mesuré ( $I_{mes}$ ) et un courant de référence maximal ( $I_{max\ ref}$ ), et dont la sortie est couplée à un dispositif de commande qui commande une ouverture du premier ( $S_1$ ) et du deuxième ( $S_2$ ) commutateur lorsque le courant mesuré ( $I_{mes}$ ) dépasse ledit 25 courant de référence maximal ( $I_{max\ ref}$ ).

4. Convertisseur selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit comparateur (COMP1) est un comparateur à hystérésis.

5. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte un troisième ( $S_3$ ) et un quatrième ( $S_4$ ) commutateurs 30 disposés en série et présentant une borne commune couplée à une première borne du

12

primaire d'un transformateur auxiliaire (T1), l'autre borne du troisième ( $S_3$ ) et du quatrième ( $S_4$ ) commutateur étant couplée respectivement à la première et à la deuxième borne de la branche capacitive (C1,C2), et en ce que le transformateur auxiliaire (T1) présente un secondaire disposé en série avec le primaire ( $L_p$ ) du 5 transformateur de sortie (T), entre la borne commune aux deux éléments capacitifs (C1,C2) et la borne commune au premier ( $S_1$ ) et au deuxième ( $S_2$ ) commutateur.

6. Convertisseur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'ajustement de tension pour commander le troisième ( $S_3$ ) et le quatrième ( $S_4$ ) commutateur en fonction de la tension d'entrée  $V_{in}$ , soit selon un 10 premier mode additif selon lequel le troisième ( $S_3$ ) et le quatrième ( $S_4$ ) commutateur sont commandés en synchronisme avec respectivement le premier ( $S_1$ ) et le deuxième ( $S_2$ ) commutateur, soit selon un deuxième mode soustractif selon lequel le troisième ( $S_3$ ) et le quatrième ( $S_4$ ) commutateur sont commandés en opposition de phase avec respectivement le premier ( $S_1$ ) et le deuxième ( $S_2$ ) commutateur.

15 7. Convertisseur selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif d'ajustement de tension comporte un premier (COMP2) et un deuxième (COMP3) comparateur à seuil ainsi qu'une unité de commande (COM) des troisième ( $S_3$ ) et quatrième ( $S_4$ ) commutateurs pour commander les troisième ( $S_3$ ) et quatrième commutateurs ( $S_4$ ) au moins selon le premier et le deuxième mode, le premier 20 (COMP2) et le deuxième (COMP3) comparateurs à seuil recevant à une première entrée un signal représentatif de ladite tension d'entrée ( $V_{in}$ ) et à une deuxième entrée un signal représentatif respectivement d'un seuil haut (Ref H) et d'un seuil bas (Ref L) et présentant une sortie de commande appliquée à une entrée de l'unité de commande (COM) pour commander l'unité de commande (COM) selon respectivement ledit 25 premier mode, et ledit deuxième mode.

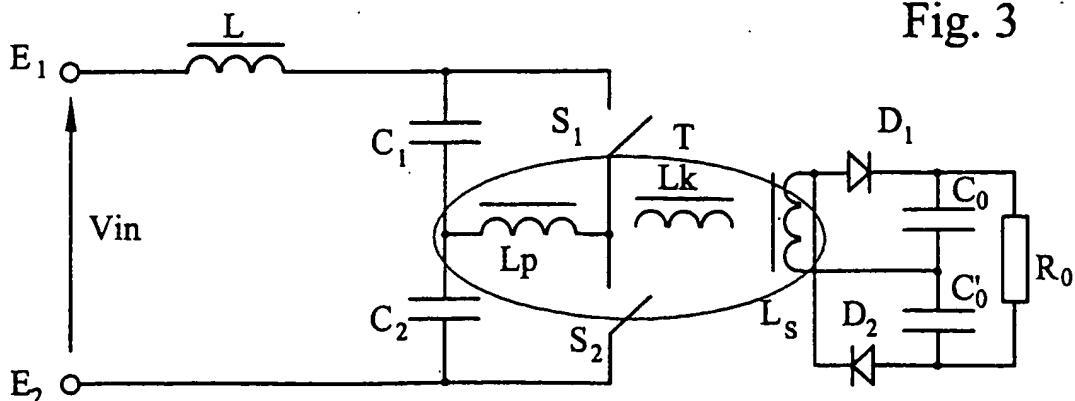
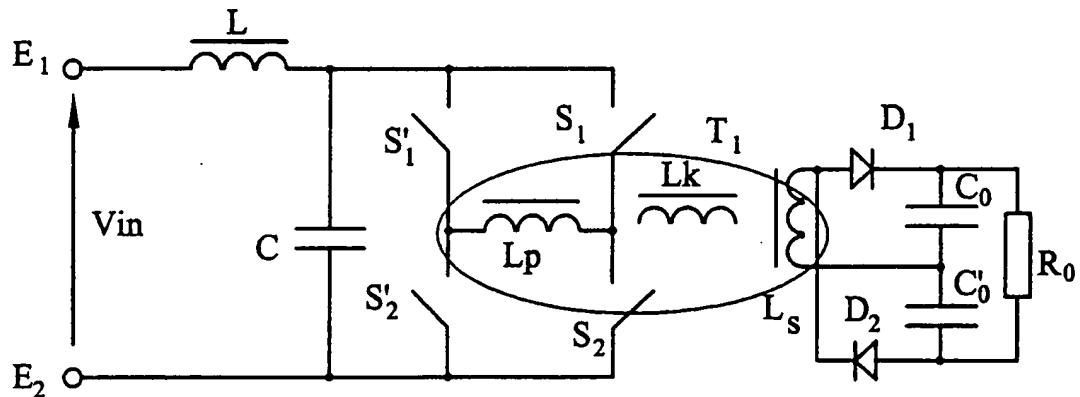
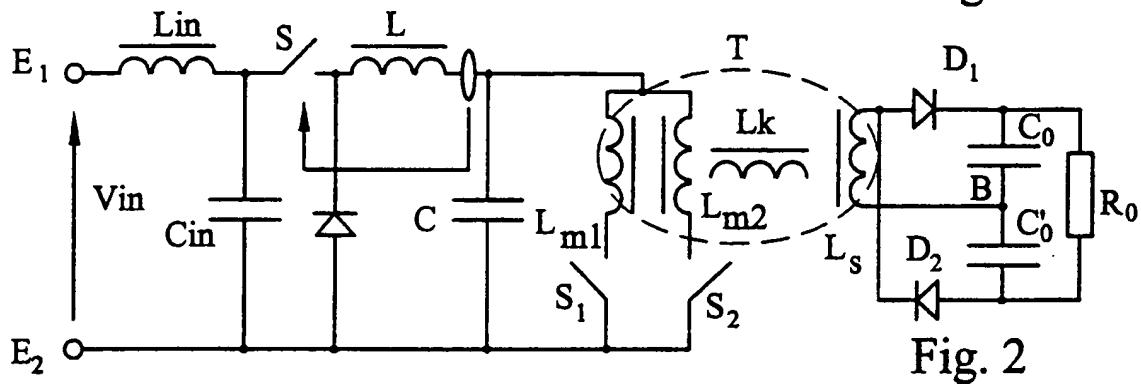
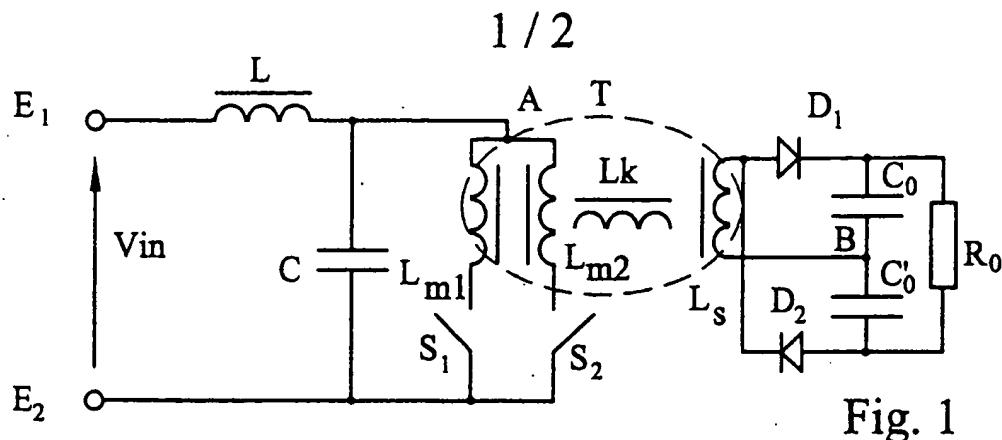
8. Convertisseur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif moins un dit comparateur à seuil (COMP2, COMP3) est un comparateur à hystérésis.

9. Convertisseur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il 30 comporte un dispositif d'ajustement de tension de commande pour le troisième ( $S_3$ ) et

13

le quatrième ( $S_4$ ) commutateur, en décalant la phase du troisième ( $S_3$ ) et du quatrième ( $S_4$ ) commutateur par rapport à la phase respectivement du premier ( $S_1$ ) et du deuxième ( $S_2$ ) commutateur en fonction de la tension d'entrée  $V_{in}$ .

10. Convertisseur selon une des revendications 5 à 9, caractérisé en  
5 ce qu'il comporte une commande de commutation à tension nulle à partir de la tension  
de la borne commune au troisième ( $S_3$ ) et au quatrième ( $S_4$ ) commutateurs.



2 / 2

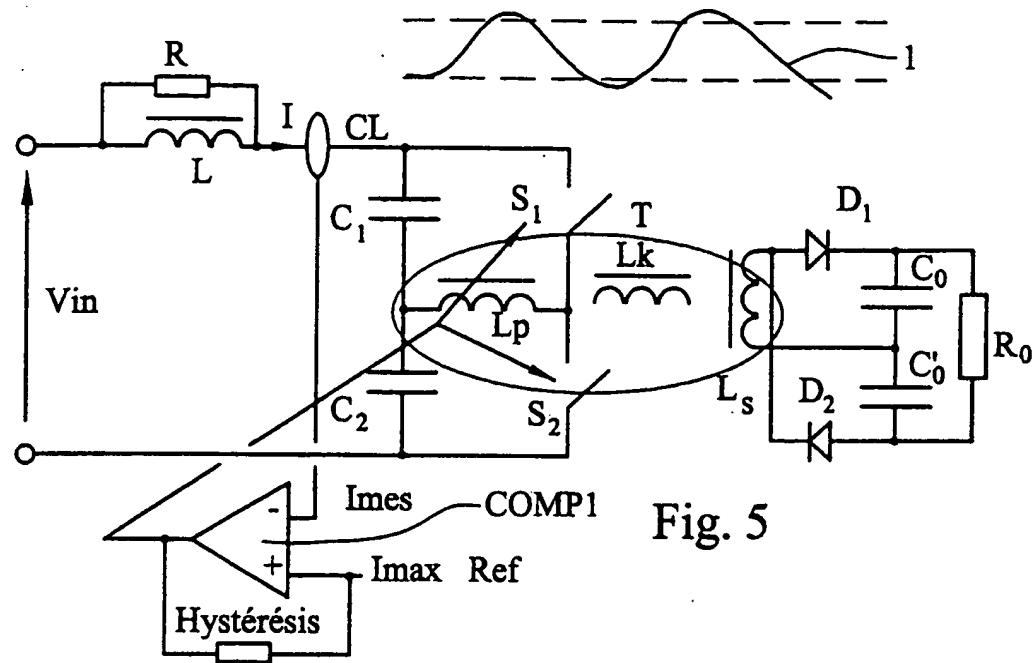


Fig. 5

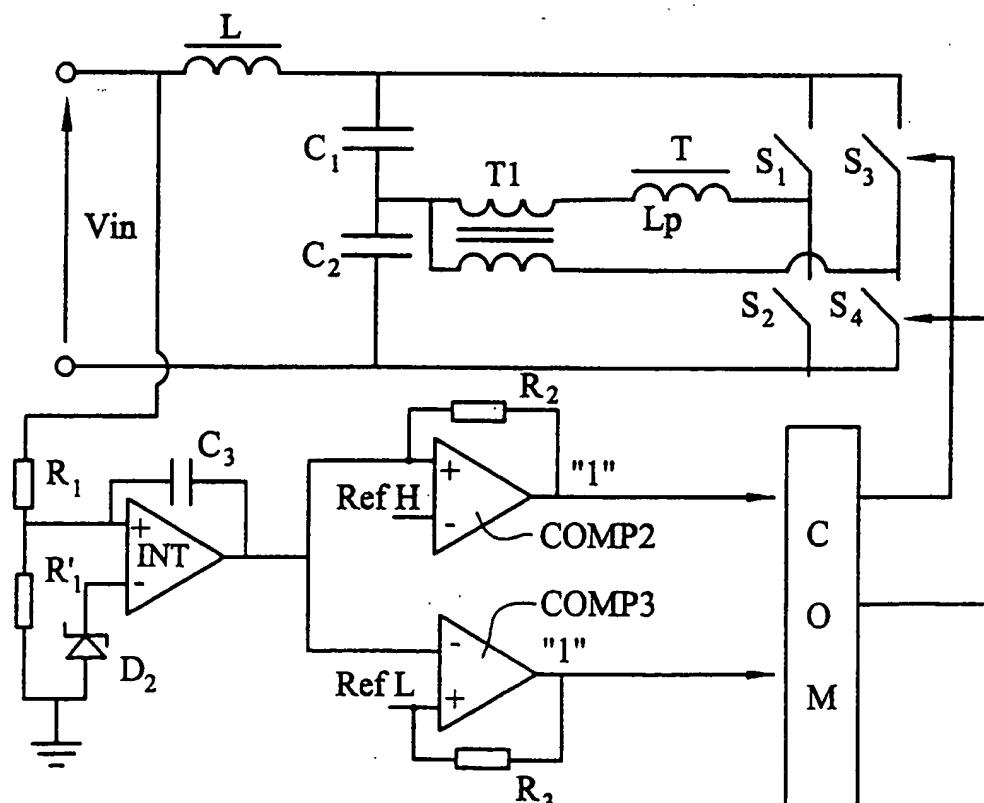


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR 99/01926

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER CIB 7 H02M3/337
--------------------------------------------------------

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
--------------------

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
CIB 7 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT
----------------------------------------

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 517 226 A (SANYO ELECTRIC CO) 9 December 1992 (1992-12-09) abstract; figure 1 ---	1
X	H.A. KOJORI S.B. DEWAN J.D. LAVERS: "Steady state analysis and design optimization of an inductor-transformer resonant DC-DC converter" IEEE CONFERENCE RECORD, OCTOBER 18-23 1987, vol. 1, no. 87ch2499-2, 23 October 1987 (1987-10-23), pages 984-989, XP002101217 atlanta figure 1A	1
Y	---	2-4
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
-----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------

11 November 1999 (11.11.99)

08 December 1999 (08:12.99)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
--------------------------------------	--------------------

E.P.O  
Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/FR 99/01926

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 325 283 A (FARRINGTON RICHARD W ET AL) 28 June 1994 (1994-06-28) abstract; figures 2,7 column 4, line 18 - line 39 ---	2
Y	DE 24 16 985 A (SIEMENS AG) 9 October 1975 (1975-10-09) page 1 -page 2; claim 1; figure 1 ---	3,4
Y	ASANO M ET AL: "ANALYSIS OF A HALF-BRIDGE TYPE SERIES RESONANT DC-DC CONVERTER WITH AUXILIARY SWITCHES" EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, vol. 2. no. CONF. 6, 19 September 1995 (1995-09-19), pages 2.618-2.623, XP000537798 EUROPEAN POWER ELECTRONICS AND DRIVES ASSOCIATION the whole document ---	5
Y	US 4 199 807 A (BURCHALL MALCOLM A ET AL) 22 April 1980 (1980-04-22) abstract; figure 2 column 1, line 45 - line 55 column 2, line 23 - column 3, line 2 ---	5
A	EP 0 797 289 A (OXFORD MAGNET TECH) 24 September 1997 (1997-09-24) abstract; claim 1; figures 1, 2 column 3, line 13 - line 17 -----	5

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/01926

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0517226 A	09-12-1992	JP	4359889 A	14-12-1992
		JP	4359890 A	14-12-1992
		JP	4359891 A	14-12-1992
		JP	4359892 A	14-12-1992
		DE	69201595 D	13-04-1995
		US	5321235 A	14-06-1994
US 5325283 A	28-06-1994	NONE		
DE 2416985 A	09-10-1975	NONE		
US 4199807 A	22-04-1980	NONE		
EP 0797289 A	24-09-1997	GB	2311422 A	24-09-1997
		US	5880944 A	09-03-1999

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/01926

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H02M3/337

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H02M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 517 226 A (SANYO ELECTRIC CO) 9 décembre 1992 (1992-12-09) abrégé; figure 1 ---	1
X	H.A. KOJORI S.B. DEWAN J.D. LAVERS: "Steady state analysis and design optimization of an inductor-transformer resonant DC-DC converter" IEEE CONFERENCE RECORD, OCTOBER 18-23 1987, vol. 1, no. 87ch2499-2, 23 octobre 1987 (1987-10-23), pages 984-989, XP002101217 atlanta figure 1A --- -/-	1
Y	---	2-4

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 novembre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08.12.1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patenttaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Thisse, S

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dom:	Internationale No
PCT/FR 99/01926	

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 325 283 A (FARRINGTON RICHARD W ET AL) 28 juin 1994 (1994-06-28) abrégé; figures 2,7 colonne 4, ligne 18 - ligne 39 ---	2
Y	DE 24 16 985 A (SIEMENS AG) 9 octobre 1975 (1975-10-09) page 1 -page 2; revendication 1; figure 1 ---	3,4
Y	ASANO M ET AL: "ANALYSIS OF A HALF-BRIDGE TYPE SERIES RESONANT DC-DC CONVERTER WITH AUXILIARY SWITCHES" EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, vol. 2, no. CONF. 6, 19 septembre 1995 (1995-09-19), pages 2.618-2.623, XP000537798 EUROPEAN POWER ELECTRONICS AND DRIVES ASSOCIATION le document en entier ---	5
Y	US 4 199 807 A (BURCHALL MALCOLM A ET AL) 22 avril 1980 (1980-04-22) abrégé; figure 2 colonne 1, ligne 45 - ligne 55 colonne 2, ligne 23 - colonne 3, ligne 2 ---	5
A	EP 0 797 289 A (OXFORD MAGNET TECH) 24 septembre 1997 (1997-09-24) abrégé; revendication 1; figures 1,2 colonne 3, ligne 13 - ligne 17 -----	5

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No  
PCT/FR 99/01926

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0517226 A	09-12-1992	JP	4359889 A	14-12-1992
		JP	4359890 A	14-12-1992
		JP	4359891 A	14-12-1992
		JP	4359892 A	14-12-1992
		DE	69201595 D	13-04-1995
		US	5321235 A	14-06-1994
US 5325283 A	28-06-1994	AUCUN		
DE 2416985 A	09-10-1975	AUCUN		
US 4199807 A	22-04-1980	AUCUN		
EP 0797289 A	24-09-1997	GB	2311422 A	24-09-1997
		US	5880944 A	09-03-1999